

# 内蒙古双尖子山银多金属矿床大规模铜矿化的发现及意义

马文文<sup>1,2)</sup>, 江彪<sup>2)\*</sup>, 陈毓川<sup>2)</sup>, 龚庆杰<sup>1)</sup>, 尹占文<sup>3)</sup>,  
孙洪军<sup>3)</sup>, 李志远<sup>3)</sup>, 武利文<sup>4)</sup>, 左玉山<sup>4)</sup>, 刘钊<sup>4)</sup>

1) 中国地质大学(北京)地球科学与资源学院, 北京 100083;

2) 中国地质科学院矿产资源研究所, 自然资源部成矿作用与资源评价重点实验室, 北京 100037;

3) 赤峰宇邦矿业有限公司, 内蒙古赤峰 024000;

4) 内蒙古自治区地质调查院, 内蒙古呼和浩特 010020

**摘要:** 巴林左旗双尖子山超大型银多金属矿床位于大兴安岭成矿带南段, 是亚洲最大银矿。早期研究认为双尖子山矿床主要为中低温热液成矿, 主要经济金属是银铅锌; 随着研究的深入, 发现了少量中高温铜锡矿化。2021年新施工钻孔首次揭露了大规模铜矿化。矿石主要为块状、角砾状、细脉状及稠密浸染状; 矿物组合主要是黄铜矿、黄铁矿、方铅矿、闪锌矿、毒砂和含银矿物。双尖子山矿床大规模铜矿化的发现, 证实了双尖子山矿床是一个从中高温到低温的完整演化序列的大规模岩浆热液型多金属矿床, 铜也可能成为该矿的新增工业矿种。成矿特征和矿体分布规律显示, 该矿区铜矿体尚未完全探明, 深部存在较大铜找矿潜力。

**关键词:** 大兴安岭; 铜矿化; 新发现; 双尖子山矿床

中图分类号: P618.41 文献标志码: A doi: 10.3975/cagsb.2022.052603

## Discovery and Significance of Large-scale Copper Mineralization in Shuangjianzishan Silver-polymetallic Deposit, Inner Mongolia

MA Wen-wen<sup>1,2)</sup>, JIANG Biao<sup>2)\*</sup>, CHEN Yu-chuan<sup>2)</sup>, GONG Qing-jie<sup>1)</sup>, YIN Zhan-wen<sup>3)</sup>,  
SUN Hong-jun<sup>3)</sup>, LI Zhi-yuan<sup>3)</sup>, WU Li-wen<sup>4)</sup>, ZUO Yu-shan<sup>4)</sup>, LIU Zhao<sup>4)</sup>

1) School of Earth Sciences and Resources, China University of Geosciences (Beijing), Beijing 100083;

2) MNR Key Laboratory of Metallogeny and Mineral Assessment, Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037;

3) Chifeng Yubang Mining Co., Ltd., Chifeng, Inner Mongolia 024000;

4) Geological Survey Institute of Inner Mongolia, Hohhot, Inner Mongolia 010020

**Abstract:** Shuangjianzishan super-large silver-polymetallic deposit in Balinzuoqi is located in the southern section of the Da Hinggan Mountains metallogenic belt, which is the largest silver deposit in Asia. Earlier studies believed that the Shuangjianzishan deposit consisted mainly of medium- and low-temperature hydrothermal mineralization and that the main economic metals were silver, lead, and zinc. However, with further research, a small amount of medium- and high-temperature copper-tin mineralization was found. The new construction drilling in 2021 revealed large-scale copper mineralization for the first time. Its thickest point is nearly 2 m thick. The ore is mainly massive, brecciated, veinlet, and densely disseminated, and the mineral assemblage is mainly chalcopyrite, pyrite, galena, sphalerite, arsenopyrite, and silver-bearing minerals. The discovery of large-scale copper mineralization in the Shuangjianzishan deposit confirms that it is a large-scale magmatic hydrothermal

本文由内蒙古地勘基金项目(编号: 2020YS-03)和中国地质调查局“中国矿产地志”项目(编号: DD20221695; DD20190379; DD20160346)联合资助。

收稿日期: 2022-04-09; 改回日期: 2022-05-10; 网络首发日期: 2022-05-31。责任编辑: 张改侠。

第一作者简介: 马文文, 男, 1996年生。硕士研究生。资源与环境专业。通讯地址: 100083, 北京市海淀区学院路29号。

E-mail: 2101200042@cugb.edu.cn。

\*通讯作者: 江彪, 男, 1986年生。博士, 副研究员, 硕士生导师。主要从事银多金属矿床成矿作用及区域成矿规律研究。

通讯地址: 100037, 北京市西城区百万庄大街26号。E-mail: jiangbiao334223@163.com。

polymetallic deposit with a complete evolutionary sequence from medium to high temperature to low temperature and that copper may become a new industrial metal of the deposit. The metallogenic characteristics and distribution law of ore bodies show that the copper ore bodies in this mining area have not been fully explored and that great potential for copper prospecting exists in the deep regions.

**Key words:** Da Hinggan Mountains; copper mineralization; discovery; Shuangjianzishan deposit

大兴安岭南段作为我国重要的有色金属成矿带,发育了众多的银铅锌及锡多金属矿床,同时也发育有一些铜和铜多金属矿床(图 1a)。双尖子山银多金属矿床是大兴安岭成矿带南段新近发现的超大型银多金属矿床,位于赤峰市巴林左旗境内,大地构造隶属于兴蒙造山带的东部(图 1b)。研究区在前中生代受到西伯利亚板块与华北板块俯冲碰撞拼接构造体系控制,后又受到蒙古—鄂霍茨克大洋板块对西伯利亚板块的持续俯冲作用(Meng, 2003; 毛景文等, 2013),在经历一系列构造运动之后,兴蒙造山带形成了北东、北西和东西向的多期次的网格状的一系列断裂构造,这些断裂为火山喷发和岩浆侵入提供了场所,也为成矿提供了有利条件和空间,使此区域的有色金属的富集和成矿成为可能(欧阳荷根, 2013; 吴冠斌等, 2014; 王丰翔, 2017)。研究区的区域地质调查和找矿勘查工作自 1984 年开始一直延续至今(左玉山等, 2021),从 1984 年初次勘查发现矿点、矿化点到 2004—2006 年间确定为小型矿床,后通过物探激电中梯测量等方法再次进行详细勘查,于 2010 年提交的《内蒙古自治区巴林左旗双尖子山矿区银铅矿勘探报告》中指出(孙奎文等, 2010),双尖子山银和铅属于中型规模,伴生锌为小型规模,到 2013 年对该矿床的勘查评价中已经探明(231)+(232)+(233)类矿石的银金属量达到 21 665.12 t,铅和锌的金属量分别达到 3.3 Mt 和 1.1 Mt(匡永生等, 2014),成为亚洲最大的银矿(江彪等, 2019)。早期的研究普遍认为双尖子山银多金属矿床属于中低温热液矿床,缺少中高温成矿阶段(吴冠斌等, 2014),后在该矿床发现铜锡矿化的存在,可能具有中高温热液成矿的特征,显示该矿床可能具有从中高温到低温的有序演化过程(江彪等, 2018; 吴晓林等, 2021),前人的研究只是在镜下或者局部发现了零星的铜矿化(吴晓林等, 2021),此次在钻孔中发现大规模的铜矿化,暗示了在双尖子山银多金属矿床的深部有铜的工业潜力。

## 1 矿床地质

双尖子山矿床分为双尖子山矿段和兴隆山矿段两部分。矿区出露的主要地层有中二叠统大石寨组( $P_2d$ )的炭质板岩、蚀变安山岩、蚀变安山质凝灰

岩夹深灰色粉砂质板岩、泥质粉砂岩;中侏罗统新民组上段( $J_2x^1$ )碎屑岩、砂砾岩;中侏罗统新民组下段( $J_2x^2$ )碎屑凝灰岩、流纹质角砾凝灰岩和凝灰质砂砾岩;上侏罗统满克头鄂博组( $J_3m$ )火山岩及第四系(Q)沉积物(图 1c)。隐伏的花岗岩体大部分在兴隆山矿段,以中酸性花岗岩为主。

矿区的构造主要以兴隆山断裂构造带和一些断层为主,断层按照走向分为北西向断层和北东向断层,其中北西向断层以张扭性为主,北东向断层以压扭性为主。近平行带状展布的北西向断层走向  $300^\circ\sim 310^\circ$ ,倾向以南西向为主,倾角为  $50^\circ\sim 76^\circ$ ,西北部被上侏罗统满克头鄂博组以角度不整合覆盖,东部被中侏罗统新民组以角度不整合覆盖。该断裂带发育密集的节理、裂隙和破碎,是兴隆山矿段最重要的控矿和容矿构造(李伟等, 2009; 王寿成等, 2018; 权晓莹等, 2019)。北东向断裂带走向  $30^\circ\sim 50^\circ$ ,倾向北西,倾角  $50^\circ\sim 60^\circ$ ,近平行分布。该断裂带中破碎角砾发育,且具有定向排列,表现为压扭性特征。北东向断裂带中发育银铅锌矿化,是兴隆山矿段北东向矿体的主要控矿构造(图 1a, c)。矿区的围岩蚀变主要是硅化、绢云母化、绿泥石化和碳酸盐化,次为黄铁矿化。矿区的金属矿物主要有闪锌矿、方铅矿、黄铁矿、黄铜矿,此外还发育有硫银锡矿、富硒硫银锡矿、富硒方铅矿、辉锑银矿和硫锑铜银矿等(江彪等, 2019),并发现锡石-毒砂等高温矿物。矿石的主要构造为脉状、细脉状、网脉状、角砾状和块状;矿石结构以交代结构、交代残余结构、乳滴状结构为主。脉石矿物有石英、方解石、绿帘石、绿泥石、绢云母等。

## 2 铜矿化特征及产出规律

2021 年施工的钻孔新揭露的铜矿化主要出现在兴隆山矿段,根据野外调查及钻孔编录发现铜矿化在 -300 m 以深普遍发育,从对几个钻孔(ZK2203、ZK2204、ZK0403、KZ0001)的编录及样品分析的结果来看,黄铜矿主要从 -300 m 左右开始零星出现。手持式 XRF 的成分分析表明,在 -297 m 的钻孔样品中呈现较明显的铜(0.423%)富集特征,尤其在 ZK2203 的 -827 m 处发现断续发育,局部集中范围近 2 m 的大规模铜矿化(图 2a)。

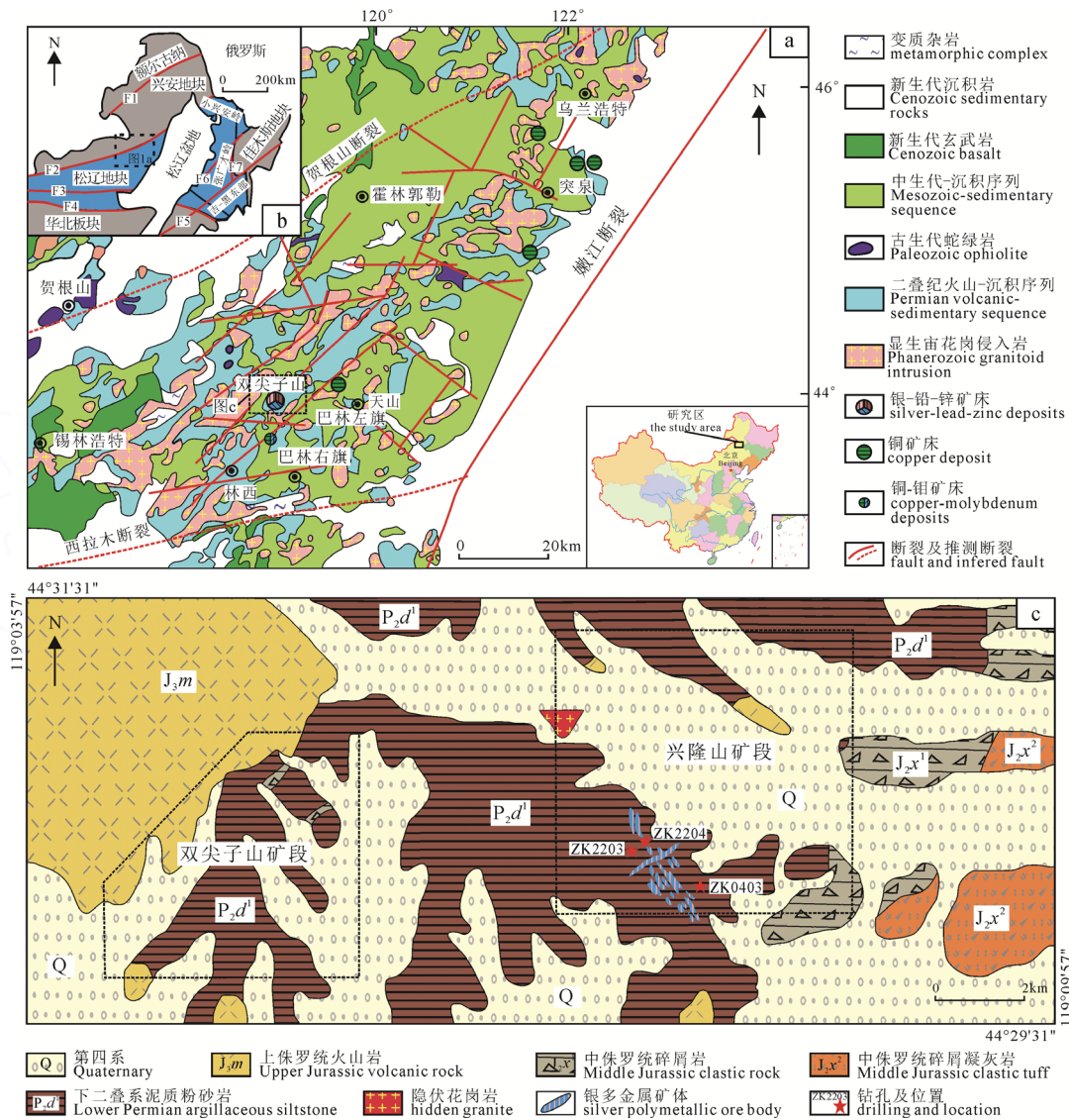


图 1b 中: F1—塔源—喜桂图断裂; F2—贺根山—黑河断裂; F3—索伦—西拉木断裂; F4—赤峰—开元断裂; F5—敦化—密山断裂; F6—伊通—依兰断裂; F7—嘉荫—牡丹江断裂。

In Fig. 1b: F1—Tayuan—Xiguitu fault; F2—Hegenshan—Heihe fault; F3—Suolun—Xilamu fault; F4—Chifeng—Kaiyuan fault; F5—Dunhua—Mishan fault; F6—Yitong—Yilan fault; F7—Jiayin—Mudan River fault.

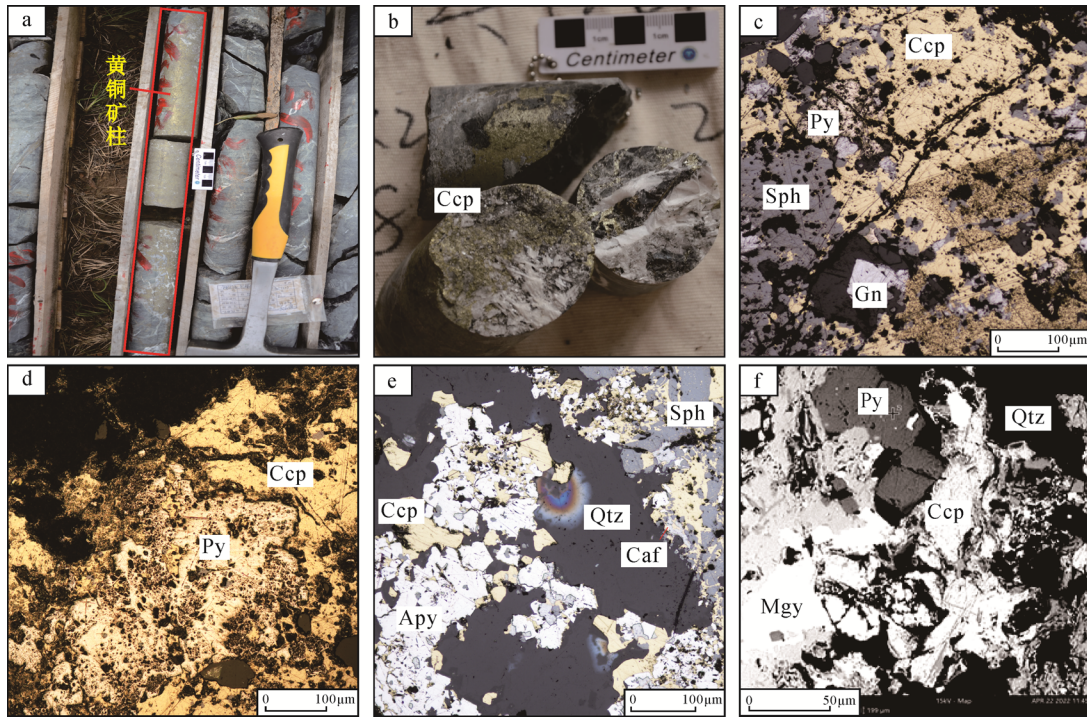
图 1 大兴安岭南段区域地质及铜和铜多金属矿产分布(a, 据江彪等, 2018 略作修改)与中国东北地区地质构造单元(b)和双尖子山银铅锌矿床地质图(c, 据吴晓林等, 2021)

Fig. 1 Regional geology and distribution of copper and copper polymetallic deposits in the southern section of Da Hinggan Mountains (a, modified from JIANG et al., 2018), geological tectonic units of northeast China (b), and geological map of the Shuangjianzishan Ag-Pb-Zn deposit (c, after WU et al., 2021)

富铜矿石主要以块状、角砾状、细脉状及稠密浸染状产出, 金属矿物主要为黄铜矿、黄铁矿、方铅矿、闪锌矿、毒砂, 另有镜下可见的含银矿物。在手标本上黄铜矿通常以稠密浸染状产出(图 2b), 与石英、绿泥石及方解石紧密共生; 镜下黄铜矿呈铜黄色, 半自形-他形集合体形式产出, 通常交代半自形-他形粒状的方铅矿、闪锌矿及黄铁矿(图 2c), 部分方铅矿及黄铁矿被交代呈现骸晶结构(图 2d), 黄铜矿沿着边部交代闪锌矿; 部分黄铜矿以乳滴状包裹体存在于闪锌矿中(图 2e), 先成的半自形-自形粒状的毒砂、锡石被闪锌矿、黄铜矿和黄铁矿包裹(图 2c, e)。通过飞纳电镜对含铜矿物的扫描结果显

示其硫含量为 27.05%、铁含量为 24.92%、铜含量为 24.38%(图 2f); 铜矿物的电子探针分析结果显示, 铜含量最高是 35.175%, 最低是 34.592%, 平均是 34.886%; 铁含量最高是 30.294%, 最低是 29.437%, 平均是 29.768%; 硫含量最高是 34.617%, 最低是 34.443%, 平均是 34.485%, 显示主要的含铜矿物为黄铜矿(CuFeS<sub>2</sub>)(表 1)。

钻孔 ZK2203 在兴隆山矿段中部北部约 500 m 处, 22 号勘探线以北东向布置(图 3a), 钻孔 ZK2204 在 ZK2203 的北东部 120 m 处, 其中 ZK2203 的深度已经达到 1200 m, ZK2204 钻深 680 m, 仍在施工中(图 3b)。综合对比不同钻孔矿化类型、特征等,



a—岩芯样中的黄铜矿; b—稠密浸染状黄铜矿; c—黄铜矿交代闪锌矿、黄铁矿和方铅矿;  
 d—黄铁矿被黄铜矿交代; e—毒砂与闪锌矿被黄铜矿交代; f—能谱面扫描;  
 矿物缩写: Apy—毒砂; Caf—硫银锡矿; Ccp—黄铜矿; Gn—方铅矿; Sph—闪锌矿; Qtz—石英; Py—黄铁矿; Mgy—辉锑银矿。  
 a—chalcopyrite in core samples; b—dense disseminated chalcopyrite; c—chalcopyrite replacing sphalerite, pyrite and galena;  
 d—pyrite is replaced by chalcopyrite; e—arsenopyrite and sphalerite intergenerated by chalcopyrite; f—spectral scan;  
 mineral abbreviation: Apy—arsenopyrite; Caf—canfieldite; Ccp—chalcopyrite; Gn—galena;  
 Sph—sphalerite; Qtz—quartz; Py—pyrite; Mgy—miargyrite.

图2 双尖子山银多金属矿床中的镜下特征

Fig. 2 Microscopic features in the Shuangjiazishan silver-polymetallic deposit

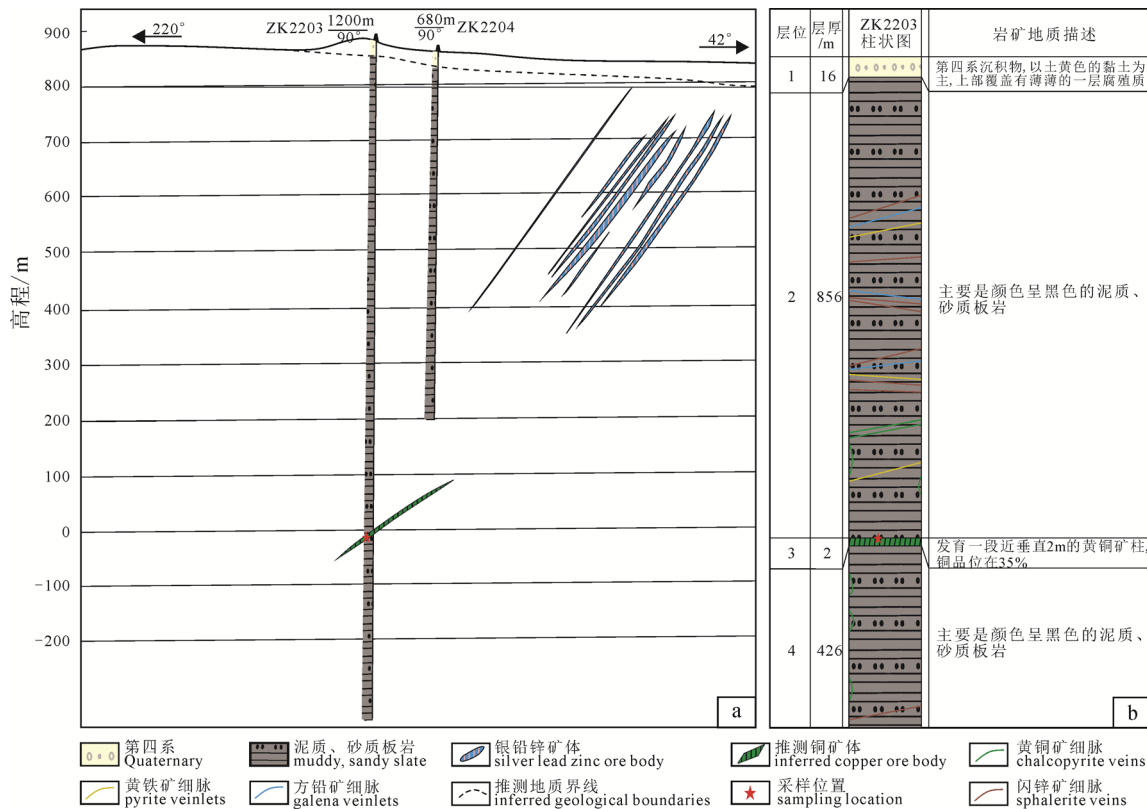


图3 双尖子山银铅锌矿区兴隆山矿段 22 号勘探线剖面图(a)与钻孔 ZK2203 钻孔剖面图(b)

Fig. 3 Section of No. 22 exploration line in Xinglongshan mining section of Shuangjiazishan silver-lead zinc mining area (a) and drill hole ZK2203 section (b)

表 1 双尖子山银多金属矿床钻孔中黄铜矿电子探针分析结果( $\omega_B/\%$ )Table 1 Electron probe analysis results of chalcopyrite in the borehole of Shuangjianzishan silver polymetallic deposit ( $\omega_B/\%$ )

测试点数	分析值	S	Pb	Fe	Cu	Zn	Ag	Au
4	最大值	34.617	0.129	30.294	35.175	1.675	0.141	0.045
	最小值	34.443	0	29.437	34.592	0.063	0.007	0
	平均值	34.485	0.073	29.768	34.886	0.625	0.047	0.020

可梳理出以下主要垂向上和平面上的空间变化规律: 矿脉产状的空间变化规律为, -400 m 以浅以细脉、低倾角矿脉为主, -400— -900 m 之间则过渡为脉宽较粗、倾角大或近直立的矿脉, -900 m 以下的脉体近直立; 从浅到深依次呈现方铅矿+黄铁矿+闪锌矿→方铅矿+闪锌矿→闪锌矿+方铅矿+黄铜矿的变化规律(图 3b); 平面上从西到东: 相同标高位置, 矿区西部的岩芯比东部的岩芯更发育相对高温的 Cu+Zn 组合, 深部揭露的大规模铜矿化越发显著, 根据矿体的产出特征和分布规律, 在 ZK2203 的 -872 m 发现的大规模铜矿化有望在其东部钻孔 ZK2204 的深部揭露, 向西部则可能有延深方向上的发育。

### 3 地质与找矿意义

大兴安岭中南段发育众多的铜及铜多金属矿床, 如大井铜多金属矿床、道伦达坝铜矿、扁扁山铜矿、敖脑达坝铜多金属矿床、敖仑花铜-钼矿床等, 是中国重要的铜成矿区, 表明区域上具有良好的铜成矿条件和找矿潜力。双尖子山矿床曾被认为是低温热液型矿床, 缺少中高温成矿阶段(吴冠斌等, 2014)。本次研究通过对新近施工的钻孔探获得的富而厚的铜工业矿体的初步研究, 发现空间上铜矿物在-300 m 左右零星出露, -700 m 以深大规模发育。矿相学研究显示, 部分铜矿物形成晚于铅锌银矿物, 也有与闪锌矿共生的呈固溶体分离结构的黄铜矿, 铜与铅锌银可能是成矿流体幕式上涌导致的交互式成矿的产物, 两者成矿关系尚需深入研究。铜成矿作用是双尖子山矿床又一重要矿化类型, 甚至可能成为该矿区重要的工业类型。前人研究提出该矿床可能属于斑岩-岩浆热液成矿系统, 需重视深部可能存在的斑岩型铜锡金矿体(江彪等, 2019), 新揭露的大规模的铜矿化进一步佐证了上述可能性, 指示深部存在良好的铜找矿潜力。

值得注意的是, 矿体空间上呈现“上银下铜(金)”的矿床并不少见, 如近期的玻利维亚科兰加(Carangas)银铅锌矿在钻孔打到 592 m 处, 发现含金 1.3 g/t 的厚大全盲矿体, 取得了找矿突破(自然资源部, 2022); 又如那更康切尔沟银多金属矿床、乌奴

耳银多金属矿床、帮布勒银多金属矿床(谷子成, 2016; 范谢均, 2021; 郑有业等, 2021)等, 都是在空间上呈现“上银下铜(金)”的格局, 这种格局在浅成低温热液型矿床和斑岩型矿床中比较常见。综上所述, 双尖子山银多金属矿在深部发现大规模铜矿化, 预示可能在该矿床深部有巨大的铜找矿潜力。

### Acknowledgements:

This study was supported by Department of Natural Resources of Inner Mongolia Autonomous Region (No. 2020YS-03), and China Geological Survey (Nos. DD20221695, DD20190379 and DD20160346).

### 参考文献:

- 范谢均. 2021. 内蒙古乌奴耳锌铅银钼多金属矿床成因及成矿预测[D]. 武汉: 中国地质大学(武汉).
- 谷子成. 2021. 东昆仑那更康切尔沟银多金属矿床成矿地质特征及成因探讨[D]. 北京: 中国地质大学(北京).
- 江彪, 武广, 陈毓川, 张通, 刘文元, 张彤, 李雪娇. 2018. 内蒙古巴林左旗双尖子山银多金属矿床微量稀土元素特征及其成因制约[J]. 地质学报, 92(4): 769-786.
- 江彪, 张通, 陈毓川, 黄凡, 武广, 孙洪军, 李志军, 李雪娇, 闫洁. 2019. 内蒙古赤峰双尖子山银多金属矿床成矿流体来源及金属沉淀机制探讨[J]. 地质学报, 93(12): 3166-3182.
- 匡永生, 郑广瑞, 卢民杰, 刘艳林, 张少杰, 李洋, 程文景. 2014. 内蒙古赤峰市双尖子山银多金属矿床的基本特征[J]. 矿床地质, 33(4): 847-856.
- 李伟, 韩雪, 杜波, 徐国. 2009. 内蒙古赤峰市巴林右旗中二叠统大石寨组地质特征[J]. 内蒙古科技与经济, (24): 45-46.
- 毛景文, 周振华, 武广, 江思宏, 刘成林, 李厚民, 欧阳荷根, 刘军. 2013. 内蒙古及邻区矿床成矿规律与成矿[J]. 矿床地质, 32(4): 715-729.
- 欧阳荷根. 2013. 大兴安岭南段拜仁达坝-维拉斯托银多金属矿床成矿作用及动力学背景[D]. 北京: 中国地质大学(北京).
- 权晓莹, 刘春花, 孙洪军, 王丰翔. 2019. 内蒙双尖子山 Pb-Zn-Ag 矿床金属矿物学研究及银的富集机理[J]. 地质学报, 93(09): 2308-2329.
- 孙奎文, 杨绍勋, 刘艳林. 2010. 内蒙古自治区巴林左旗双尖子山矿区银铅矿勘探报告[R]. 赤峰: 赤峰天通地质勘查有限公司.
- 王丰翔. 2017. 内蒙古双尖子山银多金属矿区及外围岩浆活动与银多金属成矿作用[D]. 武汉: 中国地质大学(武汉).
- 王寿成, 杨建功, 刘军, 蔡厚安, 汪树栋, 蒋加燥. 2018. 内蒙古上尖子山银铅锌矿床地质特征及矿床成因探讨[J]. 矿产勘查, 6(9): 42-52.

- 吴冠斌, 刘建民, 曾庆栋, 刘铭涛, 孙华山, 尹占文, 尹潇. 2014. 内蒙古双尖子山铅锌银矿床银的赋存状态及其指导意义[J]. 地学前缘, 21(5): 105-115.
- 吴晓林, 赵骏峰, 刘文元, 武广, 江彪, 李志远, 孙洪军. 2021. 内蒙古双尖子山银多金矿床锡矿化的发现及其意义[J]. 矿床地质, 40(3): 631-635.
- 郑有业, 次琼, 高顺宝, 吴松, 姜晓佳, 陈鑫. 2021. 西藏冈底斯西段银锡铜多金属成矿系列与找矿方向[J]. 地学前缘, 28(3): 379-402.
- 自然资源部. 2022. 玻利维亚科兰加深部发现斑岩金矿[EB/OL]. [2022-05-18]. [http://geoglobal.mnr.gov.cn/zx/kcykf/ztjz/202205/t20220518\\_8277642.htm](http://geoglobal.mnr.gov.cn/zx/kcykf/ztjz/202205/t20220518_8277642.htm).
- 左玉山, 龚庆杰, 江彪, 张通, 吴轩, 严桃桃. 2021. 内蒙古双尖子山银多金属矿床区域地球化学特征[J]. 现代地质, 35(5): 1411-1424.

## References:

- FAN Xie-jun. 2021. Genesis and Metallogenic Prediction of the Wunuer Zn-Pb-Ag-Mo Polymetallic Deposit in Inner Mongolia, NE-China[D]. Wuhan: China University of Geosciences (Wuhan) (in Chinese with English abstract).
- GU Zi-cheng. 2021. Metallogenic geological characteristics and genesis of the Nagengkangqieergou Ag polymetallic deposit, East Kunlun Orogen, NW China[D]. Beijing: China University of Geosciences (Beijing) (in Chinese with English abstract).
- JIANG Biao, WU Guang, CHEN Yu-chuan, ZHANG Tong, LIU Wen-yuan, ZHANG Tong, LI Xue-jiao. 2018. Constraint on the Genesis of the Shuangjianzishan Silver-Polymetallic Deposit, Balinzuo Qi, Inner Mongolia: Evidence from Trace and Rare Earth Elements[J]. Acta Geologica Sinica, 92(4): 769-786(in Chinese with English abstract).
- JIANG Biao, ZHANG Tong, CHEN Yu-chuan, HUANG Fan, WU Guang, SUN Hong-jun, LI Zhi-jun, LI Xue-jiao, YAN Jie. 2019. The source of ore-forming fluid and mechanism of metal precipitation in the Shuangjianzishan Ag polymetallic deposit in Chifeng, Inner Mongolia[J]. Acta Geologica Sinica, 93(12): 3166-3182(in Chinese with English abstract).
- KUANG Yong-sheng, ZHENG Guang-rui, LU Min-jie, LIU Yan-lin, ZHANG Shao-jie, LI Yang, CHENG Wen-jing. 2014. Basic characteristics of Shuangjianzishan silver polymetallic deposit in Chifeng City, Inner Mongolia[J]. Mineral Deposits, 33(4): 847-856(in Chinese with English abstract).
- LI Wei, HAN Xue, DU Bo, XU Guo. 2009. Geological Characteristics of the Middle Permian Dashizhai Formation in Balinyou Banner, Chifeng City, Inner Mongolia[J]. Inner Mongolia Science Technology & Economy, (24): 45-46(in Chinese with English abstract).
- MAO Jing-wen, ZHOU Zhen-hua, WU Guang, JIANG Si-hong, LIU Cheng-lin, LI Hou-min, OUYANG He-gen, LIU Jun. 2013. Metallogenic regularity and mineralogical series of ore deposits in Inner Mongolia and adjacent areas[J]. Mineral Deposits, 32(4): 715-729(in Chinese with English abstract).
- MENG Q R. 2003. What drove late Mesozoic extension of the northern China-Mongolia tract?[J]. Tectonophysics, 369: 155-174.
- Ministry of Natural Resources of the People's Republic of China. 2022. Porphyry gold deposits discovered in the deep part of Carangas, Bolivia[EB/OL]. [2022-02-20]. [http://geoglobal.mnr.gov.cn/zx/kcykf/ztjz/202205/t20220518\\_8277642.htm](http://geoglobal.mnr.gov.cn/zx/kcykf/ztjz/202205/t20220518_8277642.htm)(in Chinese).
- OUYANG He-gen. 2013. Metallogenesis of Bairendaba-Weilasituo silver-polymetallic deposit and its geodynamic setting, in the southern segment of Great Xing'an Range, NE China[D]. Beijing: China University of Geosciences (Beijing) (in Chinese with English abstract).
- QUAN Xiao-ying, LIU Chun-hua, SUN Hong-jun, WANG Feng-xiang. 2019. Metallic mineralogy study and Ag enrichment mechanism of the Shuangjianzishan Pb-Zn-Ag deposit in Inner Mongolia, China[J]. Acta Geologica Sinica, 93(09): 2308-2329(in Chinese with English abstract).
- SUN Kui-wen, YANG Shao-xun, LIU Yan-lin. 2010. Exploration report of silver-lead ore in Shuangjianzishan mining area of Balinzuo Banner, Inner Mongolia Autonomous Region[R]. Chifeng: Tiantong Geological Survey Co., Ltd.(in Chinese).
- WANG Feng-xiang. 2017. Magmatism and Ag-polymetallic mineralization in Shuangjianzishan deposit and its periphery, Inner Mongolia[D]. Wuhan: China University of Geosciences (Wuhan) (in Chinese with English abstract).
- WANG Shou-cheng, YANG Jian-gong, LIU Jun, CAI Hou-an, WANG Shu-dong, JIANG Jia-zao. 2018. The geological features and genesis of Shuangjianzi mountain silver-lead-zinc deposit, Inner Mongolia[J]. Mineral Exploration, 6(9): 42-52(in Chinese with English abstract).
- WU Guan-bin, LIU Jian-min, ZENG Qing-dong, LIU Ming-tao, SUN Hua-shan, YIN Zhan-wen, YIN Xiao. 2014. Occurrences of silver in the Shuangjianzishan Pb-Zn-Ag deposit and its implications for mineral processing[J]. Earth Science Frontiers, 21(5): 105-115(in Chinese with English abstract).
- WU Xiao-lin, ZHAO Jun-feng, LIU Wen-yuan, WU Guang, JIANG Biao, LI Zhi-yuan, SUN Hong-jun. 2021. New discovery of tin mineralization in Shuangjianzishan Ag polymetallic deposit, Inner Mongolia and its significance[J]. Mineral Deposits, 40(3): 631-635(in Chinese with English abstract).
- ZHENG You-ye, CI Qiong, GAO Shun-bao, WU Song, JIANG Xiao-jia, CHEN Xin. 2021. The Ag Sn-Cu polymetallic mineralogical series and prospecting direction in the western Gangdese belt, Tibet[J]. Earth Science Frontiers, 28(3): 379-402(in Chinese with English abstract).
- ZUO Yu-shan, GONG Qing-jie, JIANG Biao, ZHANG Tong, WU Xuan, YAN Tao-tao. 2021. Regional Geochemical Survey in the Area of Shuangjianzishan Ag-polymetallic Deposit in Inner Mongolia, China[J]. Geoscience, 35(5): 1411-1424(in Chinese with English abstract).